



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Gabriela Määrsepp

AUTOMAATNE STARDIJOON AUTORALLIS

AUTOMATIC STARTLINE IN RALLY

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: lektor Marten Madissoo, *PhD*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Gabriela Müürsepp		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Automaatne stardijoon autorallis			
Lehekülgi: 43	Jooniseid: 19	Tabeleid: 6	Lisasid: 2
<p>Õppetool: Biomajandustehnoloogiate õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika 4. 13. Mehhanotehnika, automaatika, tööstustehnoloogia T130 Tootmistehnoloogia</p> <p>Juhendaja(d): lektor Marten Madissoo</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2021</p> <p>Lõputöö teema valiti seoses autori huviga autoralli vastu. Töö eesmärgiks oli leida lahendus, kuidas asendada inimtööjõu tarvilikkus võistlusauto stardipositsiooni määramisel autorallis. Rallis juhatab auto stardijoonele kohtunik, aga järjest enam tekib vajadus see mingusuguse seadeldisega asendada.</p> <p>Töös tutvustati autosporti ning selle alaliike, anti ülevaade autoralli ülesehitusest ja stardiprotseduuridest, kirjeldati kolme erinevat kontaktivaba kaugusemõõtmise meetodit ning nende eeliseid ja puudusi. Antud bakalaureusetöös analüüsiti nõudeid automaatse stardijoonel lahendusele, koostati antud lahendusele vastava seadeldise anduri ja ekraani aluse joonised ning leiti vajalikud komponendid antud lahenduse teostamiseks.</p> <p>Lõputöös jõuti tulemuseni, et automaatse stardijoonel lahendusele vajalik kontaktivaba kaugusemõõturiks sobiks, kas laser- või radarandur ning ekraaniks LED-tuledest koosnev ekraan. Nende alus peaks olema valmistatud vastupidavast metallist, näiteks roostevaba teras ning ekraanikaitse ja vari peaksid olema plastikust. Töös toodi välja ka üks lahendus, milline antud alus võiks välja näha.</p> <p>Märksõnad: kontaktivaba kauguse mõõtmine, autoralli, automaatne stardijoon, lisakatse, stardiprotseduur</p>			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract Bachelor's Thesis	
Author: Gabriela Määrsepp		Curriculum: Engineering and technology	
Title: Automatic startline in rally			
Pages: 43	Figures: 19	Tables: 6	Appendixes: 2
Chair: Biosystems Engineering			
Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering 4.13. Mechanical Engineering, Automation Technology and Manufacturing Technology T130 Production technology			
Supervisors: lecturer Marten Madissoo			
Place and date: Tartu, 2021			
The topic of the thesis was chosen in connection with the author's interest in rally. The aim of the work was to find a solution on how to replace the need for human's work in determining the starting position of a competition car in rally. In the rally, the marshal guides the car to the starting line, but there is an increasing need to replace it with some kind of device.			
The paper introduced autosport and its sub-sports, gave a brief overview of the structure and start procedures of rally, described three different contactless distance measurement methods and their advantages and disadvantages. In this bachelor's thesis, the requirements for the automatic start line solution were analyzed, sketches of the sensor and screen base of the device were made, and the necessary components for the implementation of this solution were found.			
In the thesis, the result was that the contactless distance meter required for the automatic start line solution would be a laser or radar sensor and the display would be a screen consisting of LED lights. Their base should be made of durable metal, such as stainless steel, and the screen protector and shade should be made of plastic. One solution was also pointed out in the work, which could give the base.			
Keywords: non-contact distance measurement, rally, automatic start line, special stage, start procedure			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	6
1. AUTOSPORT.....	7
1.1. Ajalugu	7
1.2. Ralli	8
1.3. Rahvasport.....	11
1.4. Ringrada.....	11
1.5. Rallikross	12
1.6. Kiirendus	13
1.7. 4x4 <i>off-road</i>	14
1.8. Drift	15
1.9. Kardisport	15
2. EESTI AUTORALLI ÜLESEHITUS	17
2.1. Lisakatse	17
2.2. Lisakatse start	18
3. KONTAKTIVABA KAUGUSE MÕÕTMINE	20
3.1. Ultraheliandur.....	20
3.2. Laserandur ehk laserkaugusmõõtur	22
3.3. Radarandur.....	24
3.4. Andurite eelised ja puudused.....	26
4. AUTOMAATSE STADIJOONE LAHENDUS AUTORALLILE	28
4.1. Nõuded anduri ja ekraani alusele.....	32
4.2. Komponendid automaatse stardijoone lahenduse tarbeks	36
KOKKUVÕTE	38
SUMMARY.....	39
KASUTATUD KIRJANDUS.....	41
Lisa A. Automaatse stardijoone ekraani ning kontaktivaba kaugusemõõtu aluse joonis.	43
Lisa B. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	44

SISSEJUHATUS

Käesolev bakalaureusetöö teema on valitud tänu autori huvile autoralli vastu ning teema valikule aitas kaasa ka autori side autoralli ürituste korraldamisega.

Autorallidel on alati probleeme sobiva tööjõu leidmisega, kes oleksid täpsed, kohusetundlikud ning usaldusväärsed. Rallidel on tööle vaja rajajulgestajaid, kohtunikke ja muud abistavat personali. Ralli koosneb lisakatsetest ning varieeruvalt võistlustest on lisakatseid rallil umbes kaheksa kuni 20. Igal lisakatsel töötab ligikaudu kümme kohtunikku, ning üks neist kohtunikest on see, kes juhatab võistlusmasina stardijooale. Kasutades inimtööjõudu on alati olemas ka inimese mõõteviga ning igal autol pole alati sama stardipositsioon, kuid võistlejate jaoks on isegi paari sentimeetrine stardijoonel paiknemise erinevus väga oluline, ning hetkel, kus maailmas levib COVID-19 viirus ja, kus oleks mõistlik inimeste vahelisi kontakte vähendada oleks otstarbekas asendada kohtunik, kes juhatab võistlusauto stardijooale seadeldisega, mille moodustavad kontaktivaba kaugusemõõtmise andur, ekraan ja neile sobiv alus.

Lõputöö sisu on jaotatud viieks põhiosaks:

Esmalt tutvustatakse töö eesmärki ning selle saavutamiseks lahendatavaid ülesandeid.

Töö esimeses peatükis kirjeldatakse autospordi olemust ning selle alaliike.

Teises peatükis selgitatakse autoralli ülesehitust ning stardiprotseduure.

Järgnevalt kolmandas peatükis antakse ülevaade kolmest erinevast kontaktivaba kauguse mõõtmise andurist ning nende eelistest ja puudustest.

Neljandas peatükis kirjeldatakse nõudeid kontaktivaba stardijooone lahenduse alusele ning tuuakse välja erinevad komponendid, millest ehitada automaatse stardijooone seadeldis autorallile.

TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on leida lahendus, kuidas asendada inimtööjõu tarvilikkus võistlusauto stardipositsiooni määramisel autorallis.

Töö eesmärgi saavutamiseks on vajalik lahendada järgmised ülesanded:

- Tutvustada autosporti ning selle alaliike;
- Anda ülevaade autoralli ülesehitusest ning stardiprotseduuridest;
- Tutvustada kolme erinevat kontaktivaba kaugusmõõtmise andurit ning nende eeliseid ja puuduseid;
- Analüüsida nõudeid automaatse stardijoone lahendusele;
- Koostada automaatse stardijoone seadeldise toe joonised;
- Leida vajalikud komponendid lahenduse teostamiseks.

Kuna autorallis asuvad stardikohad reeglina vabas looduses, tuleb automaatse stardijoone lahenduse leidmisel võtta arvesse ilmastiku - ja teeolusid ning antud seadeldist peaks olema lihtne paigaldada ning transportida.

1. AUTOSPORT

Autosport moodustab ühe osa motosportidest. Autosportis võisteldakse enamasti neljarattaliste mootoriga sõidukitega. Erinevaid autosportialasid on mitmeid, Eestis populaarsemad neist on:

- autoralli – kus sõidetakse tavaliselt mõeldud teedel, mis on muuks liikluseks suletud;
- ringrada – kus võistlused toimuvad suletud ringil;
- rallikross – kus võisteldakse spetsiaalsetel radadel, kus kurvide ja stardisirge teekatteks on asfalt ning ülejäänud rajast katab kruus;
- jäärada – kus teekatte moodustavad jää ja lumi;
- kiirendus ehk *drag-racing* – kus võisteldakse sirgel teelõigul paaris ning võidab see, kes esimesena ettenähtud distantssi läbib;
- 4x4 *off-road* – kus sõidetakse maasikul, mida saab läbida vaid ettenähtud masinatega;
- veoautokross – kus sõidetakse spetsiaalsetel autokrossi radadel;
- *drift* – kus võisteldakse asfalteeritud kattega kurvistel teedel, mille pikkus on määratletud;
- kardisport – kus võisteldakse asfaltkattega ettenähtud radadel;
- rahvaralli – sarnaneb autorallile, võisteldakse muuks liikluseks suletud tavateedel.

Lisaks panustatakse ka palju noortesse ning erinevate projektide raames saavad noored võimaluse proovida kätt erinevatel autosporti üritustel. [1]

1.1. Ajalugu

Autodega võidusõidud algasid pärast esimese bensiiniga töötava mootorsõiduki leiutamist. Esimene võistlus peeti Prantsusmaal 28. aprillil 1887. aastal. Võistlustrassi pikkuseks oli kaks kilomeetrit ning võistlusel osales ainult üks võistleja, George Bouton, kes tuli loomulikult võitjaks. Seitse aastat hiljem, 23. juulil 1894 korraldasid prantslased uue võistluse, mida peetakse ühtlasi ka maailma esimeseks motoriseeritud võistluseks. Võistlusraja pikkus oli 127 kilomeetrit ja kulges Pariisist Roueni ning antud võistlusele registreerus 102 osalejat, kuid põhisõidule valiti ainult 25 osalejat. Võitis krahv Jules Felix Philippe Albert de Dion, kes läbis distantssi kuue tunni ja 48 minutiga, tema auto keskmiseks kiiruseks oli 19 km/h. Temale kiiruselt lähim vastane George Lemaitre Peugeot'ga jäi omatehtud sõidukiga Albert de Dionist maha kolm minutit ja 30 sekundit.

Võistlusjärgses kontrollis tuli välja, et De Dioni auruauto ei vastanud kõigile määratud nõuetele, seega sai võistluse ametlikuks võitjaks George Lemaitre [4].

Kuigi Pariis - Roueni võistlust peetakse esimeseks rallisõiduks, võeti "ralli" kui termin kasutusele pärast Monte Carlo rallit, mis toimus 1911.aastal jaanuaris. Pärast Pariisi - Roueni võistlust muutus antud formaat, linnast linna sõit, väga populaarseks. Autojuhid ei konkureerinud omavahel vaid üritasid saavutada parimat võimalikku isiklikku aega. Võistlusrajade pinnas varieeruv, alates linnateedest kuni kruusateedeni, mis muutis võistluse väga huvitavaks, lisaks võis sõidu käigus kohata teedel loomi ning tavalikkeleid [4].

Rallisõidu populaarsus levis kiiresti kogu Euroopas. Autosporti fännid said peagi nautida autosõitu Prantsusmaal, Inglismaal, Itaalias ja Saksamaal. Esimese maailmasõja tõttu võidusõit katkestati ning taaslustati uuesti aastal 1924 Monte Carlos. Võistlusi ei peetud ka teise maailmasõja ajal, kuid pärast seda toimus Monte Carlo ralli igal aastal ja sellest sai üks autoralli maailmameistrivõistluste etappidest [4].

Rallisporti kuldajastuks ja taassünniks peetakse 1950. aastaid. Uusi meistrivõistlusi hakati korraldama kogu Euroopas. Esimene Euroopa meistrivõistluste etapp peeti 1953. aastal, kuid avalikel teedel juhtunud õnnetuste tõttu keelati rallisõit enamikus Lääne-Euroopa riikides ära. Seejärel peeti võidusõite Rootsis ja Soomes, kus on need tänapäevani väga populaarsed. Põhja-Euroopat peetakse tänapäevase ralli sünnikoduks, kus 1973. aastal peeti esimene autoralli maailmameistrivõistluste etapp, mille formaati kasutatakse praeguseni [4].

Eestis toimus esimene võidusõit 1921.aastal, kus võistlesid nii autod kui mootorrattad, trassil Tallinn-Rapla-Tallinn. Võistlusest võttis osa kaheksa autot ja kaks mootorratast [5].

1.2. Ralli

Autoralli on Eesti Autosporti Liidu (EAL) üks paljudest võistlusliikidest, mille võistluseid korraldatakse vastavalt Eesti Ralli Võistlusmäärusele. Autoralli on autosportiala, kus võisteldakse tavalistel teedel autodega, mis on tehase poolt valmistatud, kuid modifitseeritud. Rallis konkureeritakse tavaliselt suletud teelõikudel ehk lisakatsetel, mille pikkus jääb reeglina vahemikku 10-30 kilomeetrit. Lisakatsete vahel liikumiseks antakse ette kindel aeg ning seda

liikumist nimetatakse ülesõitudeks. Võistluse lõpptulemus saadakse kõikide lisakatsete läbimisaegade liitmisel. Täiendavalt lisakatsete aegadele võivad lõpptulemusel kajastuda ka trahvisekundid, mis saadakse ülesõitude läbimisaegade eksimuste tõttu. Autorallit sõidetakse eraldistardist, mis tähendab, et igale võistlusmasinale on määratud ettenähtud aeg, millal on tema õigus startida [1].

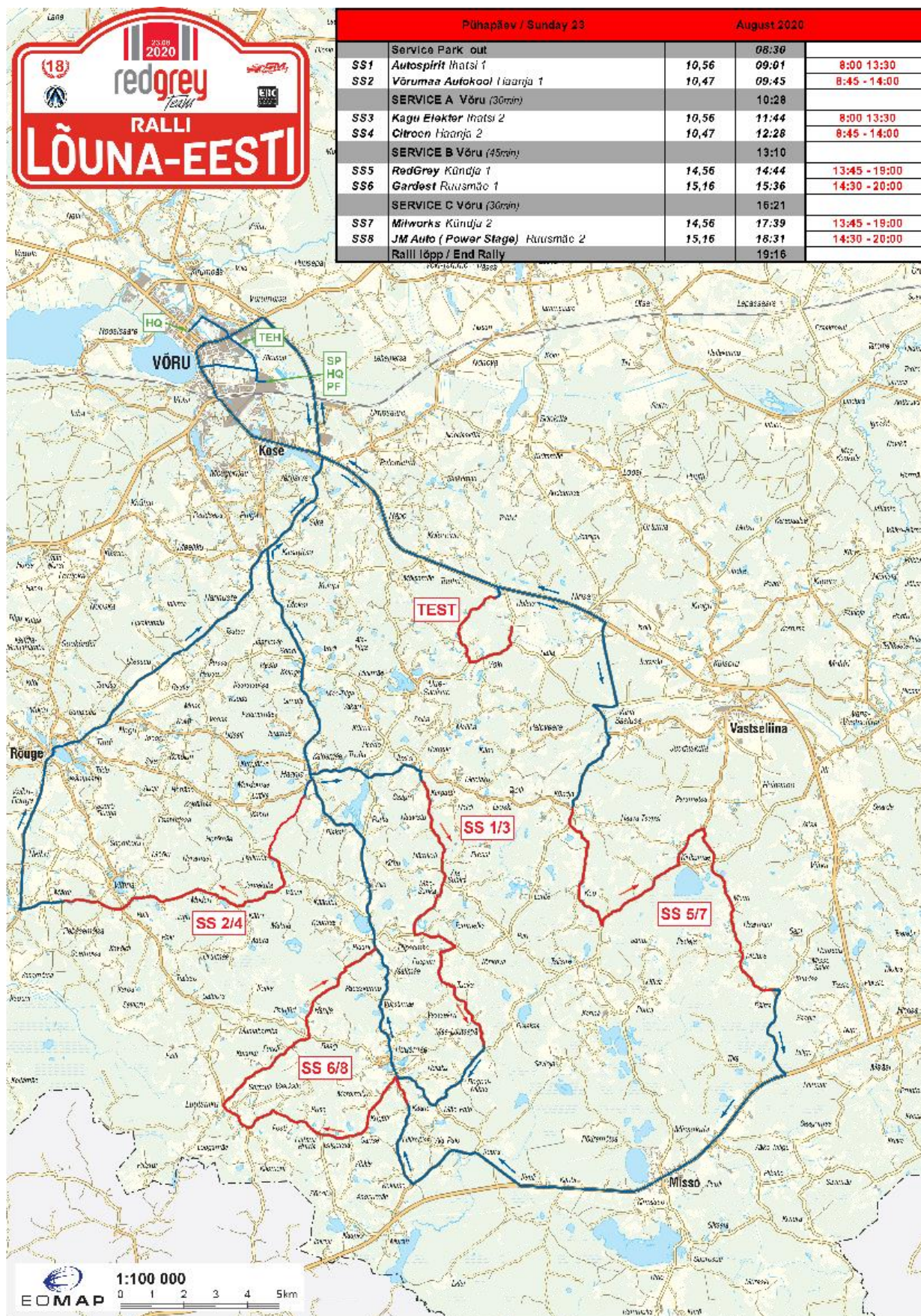
Autorallis moodustavad meeskonna sõitja ja kaardilugeja. Võistluse ajal on kaardilugeja ülesandeks piloodile ette lugeda rajalegend, mis kirjutati rajaga tutvumise ajal [1]. Hoolimata tänapäevastest tehnoloogiate võimalustest, kasutavad sõitjad ja kaardilugejad rajalegend, koostades traditsiooniliselt pliiaatsit ja paberit. Rajalegendis on kirjas kogu informatsioon eesoleva tee kohta, ka kõige pisimad detailid, nagu näiteks läbitava kurvi raskusaste, lomp teel või hüpe ja palju muud [2].

Võistlejate jaoks kestavad Eesti meistrivõistluste rallid üldjuhul kolm päeva, millest kaks esimest päeva kuluvad võistlustrassiga tutvumisele ehk rajalegend, kirjutamisele. Võidusõit algab reeglina võistlusnädala reede õhtul ning jätkub järgneval päeval. Peetakse ka ühepäevaseid võistlusi, mis sobivad rohkem harrastajatele [1].

Rallis konkureeritakse spetsiaalsete autodega, mille üheks olulisemaks osaks on turvapuur, kuna avariide korral tagab see kaitse vigastuste eest. Lisaks on oluline kanda ka ettenähtud riidetust, võistlejailt nõutakse rahvusvaheliste tingimustele vastavat võidusõiduriidetust ja –kiivrit [1].

Võimsuse järgi jagatakse ralliautod eraldi klassidesse. Tehniliste tingimuste järgimine tagab klassides võrdsuse ja ohutuse [1].

Täiendavalt autorallile on Eestis võimalik võistelda ka rallisprintidel. Rallisprint sarnaneb autorallile, kuid sprindis võetakse arvesse ainult lisakatse läbimise kiirust ning sprindivõistlused on ühepäevased. Sprindil läbivad kõik võistlejad kolmel korral sama lisakatse, peale igat läbimist jagatakse punkte klassisiseselt ning võistluse võitjaks on see, kes oma klassis kahe vooru summas saanud väikseima skoori. Harrastajatele on lisaks olemas ka eraldi olemas eraldi võistlused - rahvaralli ja rahvasprint [1].



Joonis 1. RedGrey Team Lõuna-Eesti Ralli 2020 lisakatsete üldkaart.

1.3. Rahvasport

Rahvaspordis võisteldakse tänavalegaalsete autodega tavalistel teedel, mis on muuks liikluseks suletud. Rahvasport jaotub omakorda rahvaralliks ja rahvasprindiks [3].

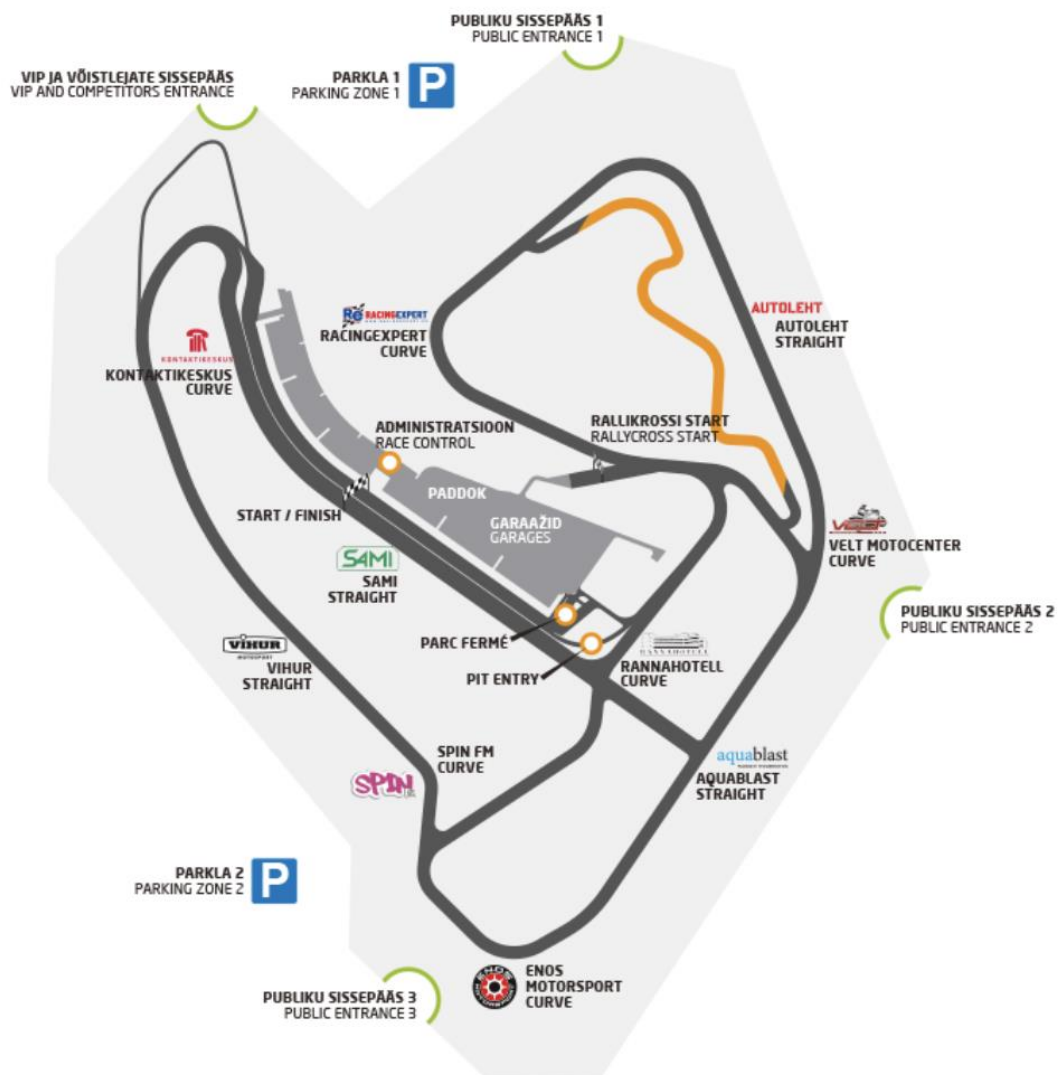
Rahvarallist on võimalik osa võtta tavalise tänavasõiduautoga, millele on tehtud mõningad modifikatsioonid, näiteks kasutatakse eraldi karterikaitseid ja jäigemaid amortiitore ning võistlusrehve. Rahvarallis toimuvad karikavõistlused ning osalemiseks peab olema olemas rahvaspordi võistlejakaart. Võistlusel on masinatele määratud tehnilised tingimused ning meeskonna ohutuse tagamiseks peavad piloot ja kaardilugeja kandma kiivreid, muu varustus on vabatahtlik. Rahvaralli koosneb lisakatsedest ja ülesõitudest, lisakatsetel kasutatakse kiiruse vähendamiseks vigursõiduelemente. Rahvaralli annab hea võimaluse esimeseks kokkupuuteks autospordiga ning meeskond saab harjutada omavahelist koostööd [3].

Eestis korraldatakse lisaks rahvarallile ja rahvasprinte, kus võib samuti võistelda tänavasõiduautoga. Võistlusraja pikkus on reeglina maksimaalselt kolm kilomeetrit pikk ning muuks liikluseks suletud. Sprindivõistluse kolme sõiduvoorude järel moodustatakse paremusjärjestus, mis saadakse kahe parima tulemuse liitmisel. Rallisprindi sõidud peetakse kõik ühel päeval. Rahvasprindis võisteldakse ilma kaardilugejata ning võistlustrassiga tutvumine toimub tavaliselt jalgsi ning päev enne võistluse algust [3].

1.4. Ringrada

Ringraja teekatteks on alati asfalt ning võistlusmasinateks on vormelid ja kereautod. Võistluseid peetakse eri masinaklassides ning start antakse masinatele ühiselt. Võisteldakse erilistel autodel, millel on ohutuse tagamiseks turvapuud, mis kaitseb õnnetuste korral võistlejat traumade eest. Lisaks peavad sõitjad kandma ettenähtud võidusõiduriideid ja kiivrit [6].

Ringrajavõistlused koosnevad treeningsõitudest, kvalifikatsioonist ning finaalist. Kõigi sõitude jaoks on ettenähtud arv ringe, vahel võisteldakse ka juhendis määratud aja kestel. Finaalis paigutatakse stardijoonel ette poole need võistlejad, kes on kvalifikatsioonisõitudeel saanud parema tulemuse. Võistluse võidab ettenähtud ringide või aja kõige kiirem läbija [6].



Joonis 2. Audru ringrada. [10]

1.5. Rallikross

Rallikrossi võistlused toimuvad spetsiaalsetel radadel, kus kurvide ja stardisirge rajakatteks on asfalt, aga ülejäänud võistlustrass tuleb läbida kruusal. Rallikrossis on võistlusmasinateks üheistmelised kereautod, mis jagatakse võimsuse järgi eri klassidesse [7].

Sarnaselt ringrajale koosneb rallikross treeningsõitudest, kvalifikatsioonidest ja finaalist, ning start antakse masinatele ühiselt. Võistlussõitudeks on ettenähtud arv ringe ning finaalis saavad stardikoha eelise need võistlejad, kes on kvalifikatsioonides saanud parema tulemuse. Sõidud

peetakse eri masinaklassides eraldi ning võitjaks on see sõitja, kellele kohtunik esimesena ruudulist lippu lehvitab [7].

Eestis peetakse rallikrossivõistluseid kolmel tasemel. Kõige kõrgem neist on Eesti meistrivõistlused, järgmine tase on superkross, mis sobib pigem algajatele ja tõsisematele huvilistele. Hobisõitjad saavad end proovile panna rahvakrossidel [7].



Joonis 3. Kehala ringrada. [11]

1.6. Kiirendus

Kiirendusvõidusõit ehk *drag-racing* on maailma kõige kiirem, võimsam ja kärarikkam spordiala. Kiirendusel pannakse proovile juhi oskused, reageerimiskiirus ning ka tehnika.

Top Fuel klassi masinad on neist kõige võimsamad ning omavad üle 8000 hobujõu, mis on tavasõidukist ligi 40 korda rohkem. Eestis on võimsamateks masinateks ligi 2000 hobujõulised autod, mis on umbes 20 korda võimsamad kui tavautod. Sellise masinaga on võimalik veerandmiiline (402,33m) distantis läbida 7-8 sekundiga [8].

Peetakse kahte sorti võistlusi – kiirendusvõistlused ja lõppkiirusvõistlused. Kiirendusvõistluste distants on tavaliselt veerandmiili (402.33 m) pikk ja lõppkiirusvõistlustel on see tavaliselt, kas üks kilomeeter või üks miil (1.609 km). Kiirendusvõistlustel starditakse paigalstardist paarikaupa, aga lõppkiirusvõistlustel ühekaupa [8].

Kiirendusvõistluste tavaklassides on võitjaks see, kes võistlejapaarist esimesena finišisse jõuab ja *bracket* klassides see, kes suudab eelnevalt valitud aja jooksul täpsemini raja läbida. Lõppkiirusvõistlustel on võitjaks, see kelle lõppkiirus on kõige suurem [8].

Kiirendusvõistlustel võivad osaleda ka tavalikliikluseks mõeldud sõidukid, kuid nende tehniline seisukord peab olema väga hea ning sõitja peab kasutama kiivrit ja turvavööd. Lisaks peavad ala harrastajal olema ka kehtivad juhiloa [8].

1.7. 4x4 off-road

Off-road on autospordiala, kus võistlevad maastikuautod orienteerumisvõistlustel, kus proovitakse etteantud koordinaatide põhjal leida võimalikult palju maastikule paigutatud kontrollpunkte, selleks on meeskonnale määratud võistlusaeg. Võistlustrassi paneb kokku rajameister, kes teeb mõnda kontrollpunkti jõudmise võistlejatele üsna keeruliseks, näiteks tuleb läbida põhjatuid mudamülkaid ja muid keerulise pinnasega teid. Võistlejad saavad teha ise valiku, milliseid teid nad läbida soovivad, kuna tegemist on enamjaolt valikorienteerumiseks, siis kõiki punkte läbida ei tule. Võidab see meeskond, kes etteantud aja jooksul on läbinud kõige rohkem kontrollpunkte. [9]

Meeskonnad saavad kontrollpunktide asukohad teada koordinaatidega ning nende otsimiseks kasutatakse satelliitnavigatsiooni süsteemi (GPS) seadet, kuid veel parem variant on kasutada kaarditarkvara ja GPS-vastuvõtjaga sülearvutit. Kontrollpunktis kohaloleku fikseerimiseks tuleb teha foto, kus võistlusmasin asub punktile nii lähedal kui võimalik ja võistleja puudutab ühe käega kontrollpunkti [9].

Off-road orienteerumisvõistlustel on mitu masinaklassi, võistlema pääseb nii tava maastikuautoga kui ka masinaga, mis on spetsiaalselt selliseks võistluseks ehitatud. Turvalisuse tagamiseks peab meeskonnas olema vähemalt kaks võistlejat, et kui peaks toimuma õnnetus, ei jääks keegi üksi [9].

1.8. Drift

Üks uuematest autospordialadest on drift ning see on ka ainus ala, kus tulemust ei määra aeg, vaid kohtunike poolt antud punktid. Tavapäraste autospordialade puhul on võitja see, kes jõuab kõige kiiremini stardist finišisse, kuid driftispordis on sõitjale etteantud sõidujoon, mida ta peab järgima. Võistlusel hindavad kohtunikud ettemääratud trajektooriga püsimist, kiirust, libisemisnurka, suitsu hulka ning seda, kui meelelahutuslik antud sõit on [13].

Võistlusmasinad viiakse meelega ülejuhitavaks nii, et see hakkaks külge ees liikuma, kuid samal ajal peab juht omama auto üle kontrolli ja liikuma ühtlaselt. Kui auto esimese telje pöörderaadius on suurem kui tagumisel teljel ning kui masina esirattad on pöördesuunaga vastassuunas, siis on tegemist driftimisega [13].

Võidusõite peetakse asfaltkattega teedel. Võistlused koosnevad mitmest osast, esmalt teeb iga sõitja mitu individuaalset sooritust, kus parim saadud tulemus määrab koha võistlejate seas. Ideaalse soorituse eest on võimalik saada maksimaalselt 100 punkti. Üksiksõitudes hindavad kohtunikud sõidu juures libisemisnurka, kiirust ja trajektooriga püsimise täpsust ning lisaks mõjutab ka punktide määra soorituse üldine ilme [13].

Kõrgetasemelistes sarjades ei toimu üksiksõite, vaid kasutatakse punktikohtade määramisel paarisdrifti. Paaridena sõites on võimalik mõlemal juhul teha kaks sõitu, nii ees- kui järelsõitjana. Paarisdrift on keerulisem kui individuaalsõit ning nõuab juhilt head pingetaluvust. Esimese sõidu tulemusena määravad kohtunikud punktid paremale sõitjale. Juht, kelle punktisumma on peale kahte sõitu suurem, pääseb edasi võistleva ning vähem punkte kogunud võistleja langeb konkurentidest välja. Võitja selgub finaalsooru paarisõidus, kus lähevad vastamisi kaks kõige paremat sõitjat [13].

1.9. Kardisport

Kõige vanem autospordiala Eestis on kardisport. Antud ala on ka noortele võidusõiduhuvilistele parim moodus mootorisportiga alustamiseks. Võistelda saab juba väga noores eas ning vastavalt vanuserühmadele on olemas ka erinevas mõõdus ja võimsusega masinad. Kardivõistlusi peetakse

spetsiaalsetel asfaltkattega radadel. Võistluse moodustavad treeningsõidud, kvalifikatsioonid ja finaamid. Finaamis saavad eelise eespool startida need sõitjad, kes on kvalifikatsioonides saavutanud parema tulemuse. Võidusõite peetakse erinevates masinaklassides eraldi ning võitjaks on see, kellele näidatakse esimesena ruudulist finišilippu [12].



Joonis 4. Kardispordi tiitlivõistlused. [14]

2. EESTI AUTORALLI ÜLESEHITUS

Eestis korraldatakse autoralli meistrivõistlusi (EMV) vastavuses Rahvusvahelise Autoliidu (FIA) Spordikodeksiga ning selle lisadega, Eesti Autospordi Liidu (EAL) ralli võistlusmäärusega, ralli Üldjuhendiga ning võistlusjuhenditega. Meistrivõistlusi peetakse kümnes erinevas arvestusklassis ehk masinaklassis. Arvestusklassi meistriks kuulutatakse see meeskond, kes on võistlustel kogunud enim punkte. Eestis kestavad meistrivõistluste etapid üks kuni kaks päeva [18].

Ralli algab võistlusjuhendi avaldamisega umbes kaks nädalat enne võistlusi, siis avatakse ka eelregistreerimine võistlustele. Võistluspäevadele eelneval päeval jagatakse võistlejatele rajadokumendid ja GPS seadmed, peale seda võivad sõitjad minna rajaga tutvuda ja legendi kirjutama. Enne võistlusi tehakse masinatele ka tehniline ülevaatus, kus kontrollitakse auto tehnilisi parameetreid, dokumente ja ka vastavat võidusõiduriietust ning kiivrit. Tähtsamatel meistrivõistlustel toimub rallile eelnevalt ka testikatse, kus võistlejad saavad kontrollida autode seadistuse sobivust antud võistlusele. Ralli lõpeb meeskondade jaoks samuti tehnilise ülevaatusega ning siis võistluspäeva lõpus avaldatakse ka ametlikud tulemused [19].

2.1. Lisakatse

Lisakatse on suletud teel toimuv ajavõituga kiirusvõistlus ning superlisakatse on sarnane lisakatsele, kuid toimub näiteks paarisrajal või muul erilisel moel. Kogu ralli vältel peab kõikide lisakatsete teekate olema sama., kuid Eesti Autospordi liidu loal on võimalik kasutada piiratud ulatuses asfaldi kruusarallil ja vastupidi, kui see lõik ei ületa lisakatse pikkusest 10%. Superlisakatsel võib teekatteid olla erinevaid. Erinevatel meistrivõistlustel võib ralli kestus ajaliselt varieeruda. Lisakatsete miinimum- või maksimumpikkuse kohta kriteeriume sätestatud pole, kuid lisakatsete kogupikkus ei tohi hooldusparkide või alade vahel olla üle 80 kilomeetri. Ralli ajal ei või lisakatseid läbida rohkem kui kaks korda, erandiks on superlisakatsed. Võistlejad peavad lisakatsel sõitma alati selle kulgemise suunas, ainsaks erandiks on vajadusel tehtav tagasipööre. Lisakatsel on lubatud maksimaalne keskmine kiirus 130 km/h [19].

2.2. Lisakatse start

Autorallis toimub lisakatse start paigalt stardiga, kus auto paikneb stardijoonel. Meeskonnale autos peab elektrooniline stardiprotseduur selgelt nähtav ning seda võib teostada nii stardini aega näitava kella ja/või erinevate tulede süsteemiga. Võistlusjuhendis peab olema stardisüsteem kirjeldatud. Üldlevinuma stardiviisina juhatab stardikohtunik ralliauto stardijoonele ning alates sellest hetkest ei tohi enam ralliauto liikuda. Kui võistlusmasin on peatunud õigel stardipositsioonil, märgib kohtunik meeskonna ajakaardile lisakatsele startimise aja. Hetkel seoses COVID-19 viiruse levikuga, näitab kohtunik kaardilugejale läbi autoakna nende stardiaega ning kaardilugeja märgib ise ajakaardile antud aja [19].

Lisakatse start antakse reeglina fooriga, kui võistlusjuhendis pole märgitud teisiti:

- 30 sekundit enne starti läheb põlema esimene sinine tuli
- 15 sekundit enne starti läheb põlema teine sinine tuli
- 10 sekundit enne starti läheb põlema kolmas sinine tuli
- 5 sekundit enne starti läheb põlema esimene punane tuli
- 4 sekundit enne starti läheb põlema teine punane tuli
- 3 sekundit enne starti läheb põlema kolmas punane tuli
- 2 sekundit enne starti läheb põlema neljas punane tuli
- 1 sekund enne starti läheb põlema viies punane tuli

Startida võib siis kui punased tuled kustuvad [19: 37].

Stardijoon peab olema püsiv joon, isegi kruusateel ja lumel ning volestardi fotosilm peab asetsema 50 sentimeetrit peale stardijoont. Kui auto jõuab stardijoonele, peab võistlusauto esiosa paiknema kohtuniku poolt astetatud pulga taga, et oleks võimalik täpselt määrata stardipositsioon. Kohtunik eemaldab stardikepi üks minut enne stardiaega, kuid mitte enne kui auto on jäänud seisma täpsel stardikohal, siis jälgib meeskond aega stardini kellalt. Auto igasugune liikumine enne stardiaega on keelatud [19: 38].



Joonis 5. Võistlusauto stardijoonel.

3. KONTAKTIVABA KAUGUSE MÕÕTMINE

3.1. Ultraheliandur

Ultraheliandur on seadeldis, mis mõõdab ultraheli helilainete abil objekti kaugust. Ultraheliandur kasutab muundurit ultraheliimpulsside saatmiseks ja vastuvõtmiseks, mis edastavad teavet objekti läheduse kohta. Kõrgsageduslikud helilained peegelduvad piiridest, et tekitada selgeid kajamustreid [15].

Ultraheliandurid töötavad helilaine väljasaatmisega sagedusel, mis ületab inimese kuulmisulatuset. Anduri muundur toimib ultraheliheli vastuvõtmiseks ja saatmiseks kui mikrofoni. Andur määrab kauguse sihtmärgist, mõõtes ultraheliimpulsi saatmise ja vastuvõtmise vahelist aega [15].

Sellise mooduli tööpõhimõte on lihtne. Andur saadab ultraheliimpulsi sagedusel 40kHz, mis liigub läbi õhu ja kui teele peaks jääma on takistus või objekt, pöörab impulss tagasi anduri juurde. Impulsi liikumise aja ja helikiiruse arvutamise abil saab leida objekti kauguse [15].

Ultraheliandurite kasutamisel on võimalik tuvastada ka läbipaistvaid objekte. Ultraheliandurid suudavad tuvastada objekti olemasolu olenemata värvist, pinnast või materjalist (välja arvatud juhul, kui materjal on väga pehme nagu vill, kuna see neelaks heli.) Läbipaistvate ja muude esemete tuvastamiseks, kus optilised tehnoloogiad võivad ebaõnnestuda, on ultraheliandurid usaldusväärne valik [15].

Andurist tulevate ultrahelisignaali häirete vältimiseks on oluline hoida ultrahelianduri pind takistustest puhas. Tavalised takistused hõlmavad järgmist:

- mustus;
- lumi;
- jää;
- muu kondensatsioon.

Selliste kasutusjuhtumite jaoks on olemas ka isepuhastuvad andurid. Need on mõeldud spetsiaalselt rakendustele, mis nõuavad vastupidavust kõrge niiskusega keskkondades [15].

Ultraheli kaugus-, taseme- ja lähedusandureid kasutatakse tavaliselt mikrokontrolleri platvormidega nagu Raspberry Pi, ARM, PIC, Arduino, Beagle Board. Ultraheliandurid edastavad helilaineid sihtmärgi suunas ja määravad selle kauguse, mõõtes aega, mis kulus peegeldunud lainete vastuvõtjani naasmiseks [15].

Ultraheliandureid saab kasutada igasuguse valgustusega keskkonnas, nii sees kui väljas igas. Ultraheliandurite asukohta võib ka pidevalt muuta, aga mitte liiga suurel kiirusel [15].

Ultraheliandurite kasutusvõimalusi on mitmeid, neid saab rakendada veetaseme tuvastamises, droonirakendustes ja autode tuvastamises *drive-through* restoranides või automaatpesulates. Kokkupõrke vältimise süsteemides kasutatakse tavaliselt ultraheli kaugusemõõtjaid [15].

Ultraheliandurid suudavad kontaktivabalt tuvastada:

- kohalolekut;
- taset;
- positsiooni;
- kaugust.

Kontaktivabu andureid nimetatakse ka lähedusanduriteks [15].

Ultrahelianduri tööd ei mõjuta:

- valgus;
- suits;
- tolm;
- objekti värvus;
- Materjal (välja arvatud pehmed pinnad, s.t vill, sest pind neelab helilaine ja ei kajasta heli) [15].



Joonis 6. MB8450 Auto tuvastamise andur. [16]

Tabel 1. MB8450 Auto tuvastamise anduri tehnilised andmed. [16]

Liidese tüüp	USB-liides
Aeg sihtmärgi tuvastamiseks	~ 4 sekundit
Aeg sihtmärgi vabastamiseks	~ 5 sekundit
Anduri tüüp	Sõiduki tuvastamise andur
Suurus	Väike ja kerge
Disain	Sobib integreerimiseks teie projekti või tootesse
Eelseadistatud läheduse tuvastamise tsoon	150 cm
Anduri töösagedus	42kHz
Surnud tsoon	Praktiliselt puudub, objektid, mis on lähemal kui 50 cm, jäävad tavaliselt 50 cm kaugusele
Maksimaalne kaugus	500 cm

3.2. Laserandur ehk laserkaugusmõõtur

Laserkaugusmõõtur töötab põhimõttel, mõõtes aega, mis kulub laservalguse impulsil, et see sihtmärgist laserile tagasi peegelduks. Seda tuntakse kui "lennuaja" põhimõtet ja meetodit nimetatakse kas "lennuaja" või "impulsi" mõõtmiseks [17].

Laserkaugusmõõtur laseb sihtmärgil laseri impulsi. Seejärel peegeldub impulss sihtmärgilt tagasi selle saatnud seadme poole (antud juhul laserkaugusmõõtur). See "lennuaja" printsiip põhineb asjaolul, et laservalgus liigub Maa atmosfääri kaudu üsna ühtlasel kiirusel. Mõõturi sees arvutab

lihtne arvuti sihtmärgi kauguse kiiresti välja. Laserkaugusmõõtureid võib nimetada ka kaugusemõõturiteks või lasermõõteriistadeks [17].

Laserid on vahemaade mõõtmiseks väga kasulikud, kuna nad läbivad atmosfääri üsna ühtlastel kiirustel ja läbivad palju pikemaid vahemaid, enne kui divergents (valgusvihi nõrgenemine ja laiali levimine) vähendab anduri efektiivsust. Samuti hajub laservalgus vähem laiali kui tavaline valgus, mis omakorda tähendab, et laservalgus võib läbida palju suurema vahemaa ilma intensiivsust kaotamata. Võrreldes tavalise valgusega, säilitab laserimpulss sihtmärgilt peegeldudes suure osa oma algsest intensiivsusest, mis on objekti kauguse arvutamisel väga oluline [17].

Laserkaugusmõõturei täpsus sõltub algsest impulsist, mis naaseb tagasi selle saatnud seadme juurde. Ehkki laserkiired on väga kitsad ja suure intensiivsusega, mõjutavad neid samad atmosfäärimoonutused, mis mõjutavad normaalset valgust. Need atmosfääri moonutused võivad raskendada objekti kauguse täpset lugemist roheluse lähedal või üle 1 kilomeetri pikkuste vahemaade korral. Samuti peegeldavad erinevad materjalid valgust suuremal või vähemal määral. Materjal, mis kipub valgust neelama või hajutama (difusioon), vähendab tõenäosust, et algset laserimpulsi saab arvutamiseks tagasi peegeldada. Juhtudel, kui sihtmärgil on hajuv peegeldus, tuleks kasutada „faasinihke meetodit” kasutavat laserkaugusmõõturit [17].

Töökindluse tagamiseks kasutatakse laserkaugusmõõturites erinevaid meetodeid taustvalguse minimeerimiseks. Liiga palju taustavalgust võib mõõtmist segada, kui andur ekslikult arvestab mingi osa taustavalgusest sihtmärgi osaks [17].

Laserkaugusmõõturitel on väga erinev kasutus, alates kaardi koostamisest kuni spordini. Nende abil saab luua ookeanipõhja kaarte või taimestikust puhastatud topograafiakaarte. Neid kasutatakse sõjaväes, näiteks snaiprites täpse kauguse sihtmärgist. Insenerid ja disainerid kasutavad laserkaugusmõõtureid objektide 3D-mudelite konstrueerimiseks. Vibulaskjad, jahimehed ja golfimängijad kasutavad neid sihtmärgi kauguse arvutamiseks [17].



Joonis 7. 3DeMoNi autonoomne laserkaugusmõõtur. [20]

Tabel 2. 3DeMoNi autonoomne laserkaugusmõõturi tehnilised andmed. [20]

Täpsus	$\pm 1,5$ mm
Korratavus	$\pm 0,4$ mm
Resolutsioon	0,1 mm
Töötemperatuur/niiskus	-10 °C kuni + 50 °C (valikuline laiendatud temperatuurivahemik -40 °C kuni + 50 °C) 95% suhtelise õhuniiskuse juures
Mõõtepiirkonnad	0,05–150 m või 0,5–500 m
Toiteallikas	9–30 volti
Mõõtmed (P x L x K)	150 x 80 x 55 mm
Ühendusliidesed	RS232 või RS422 jadaliides

3.3. Radarandur

Radarandur mõõdab kaugusi, liikumisi ja kiirust. Andur arvutab kauguse objektini, mõõtes selle objekti kõrgel sagedusel saadetud signaali peegeldust. Edastatud signaali peegeldavad hooned, vedelikud ja muud objektid. See muudab selle kaugusanduri sobivaks näiteks vedeliku taseme mõõtmiseks, liikluses läbitavate kauguste mõõtmisteks ja objektide tuvastamiseks [21].

Erinevalt ultraheli- ja laserkaugusanduritest saab radaranduriga mõõta ka läbi materjalide, näiteks plastiku kaudu. See tähendab seda, et radariandurit saab rakendusse nähtamatult integreerida,

lisaks on radarandur ka ilmastikukindel [21].

Radar töötab "lennuaja" mõõtmise põhimõttel põhjal: andur mõõdab signaali kestust. Radarsensorisse integreeritud antenn väljastab kõrgsageduslikku (62 GHz) signaali. See signaal sisaldab ka madalama sagedusega moduleeritud signaali (10 MHz). Andur võtab signaali vastu, kui see objektilt tagasi peegeldub. Andur mõõdab kahe sageduse faasinihet. Ajavahe saatmise ja vastuvõtmise vahel määrab kauguse objekti ja anduri vahel [21].

Igal sagedusel on ainulaadsed omadused. Sagedus määrab peegelduse tüübi ja selle, kas peegeldust üldse on. Väiksemal sagedusel töötav radar võimaldab hõlpsasti tuvastada kaugel olevaid vihmapilvi, sellist sagedust peegeldavad tugevalt veekristallid. Seevastu kõrgemal sagedusel töötav radar läbib vihmapilvi, kuid signaal peegeldub näiteks lennukilt või muult objektilt. Mida suurem on sagedus, seda vähem läbitungitumaks seinad ja muud esemed muutuvad [21].

Radarandurit saab kasutada nii sise- kui ka välitingimustes. Radarisensorit saab kasutada nii horisontaalse kui ka vertikaalse kauguse mõõtmiseks. Radarit saab kasutada väga erinevates rakendustes, kuna igal sagedusel on erinevad omadused [21].

Radaranduri mõõtepiirkond on 180 kraadi. Kui mõõtevahemik on rakenduse jaoks liiga suur, võib esineda ebausaldusväärseid mõõtmisi. Kui soovitakse edastatud signaali koguda otse anduri ees, siis sellistel juhtudel tuleb radaranduri kohale asetada kuppel. Edastatud signaal on fokuseeritud ühte punkti nagu suundantenn. Lisaks on mõõtmistulemused usaldusväärsed ka sellistes tingimustes nagu tuul, vihm, tolmu ja kõrged temperatuurid. Radarandur sobib mõõtma vedeliku taset, objektide kaugusi ning andur suudab ka objekte tuvastada [21].



Joonis 8. Kauguse mõõtmise radarandur. [22]

Tabel 3. Kauguse mõõtmise radaranduri tehnilised andmed.

Mõõtepiirkond	0,3–8,5m
Täpsus	<1 mm
Anduri töösagedus	122-123 GHz
Toiteallikas	9-32 volti
Mõõtmed (P x L x K)	97 x 84 x 42,5 mm
Töötemperatuur	-40 °C kuni + 70 °C

3.4. Andurite eelised ja puudused

Tabel 4. Ultrahelianduri eelised ja puudused. [23]

Andur	Eelised	Puudused
Ultraheliandur	<ul style="list-style-type: none"> mõõtmist ei mõjuta objekti värvus ega läbipaistvus; saab kasutada pimedas; on olemas odavaid andureid; ei ole väga palju mõjutatud tolmust, niiskusest ja mustus; saab integreerida erinevatesse rakendustesse. 	<ul style="list-style-type: none"> ei saa kasutada vaakumis; ei saa kasutada vee all; pehmed objektid neelavad helilaineid ning anduril on raske objekti tuvastada; temperatuurimuutused mõjutavad anduri tööd; anduri tuvastamisulatus on piiratud.

Tabel 5. Laseranduri eelised ja puudused. [17, 24]

Andur	Eelised	Puudused
Laserandur	<ul style="list-style-type: none"> • kiirega mõõtmisel väga suur täpsus; • saab kasutada keerulisel maastikul; • suur efektiivsus; • nähtav laserijoon; • suur töökiirus; • madal energiatarbimine; • integreeritav. 	<ul style="list-style-type: none"> • impulsiga mõõtmisel, suhteliselt madal täpsus; • tundlikkus valguse suhtes; • ei saa mõõta kaugeid vahemaid; • palju taustavalgust võib segada mõõtmist.

Tabel 6. Radaranduri eelised ja puudused. [22]

Andur	Eelised	Puudused
Radarandur	<ul style="list-style-type: none"> • saab nähtamatult integreerida erinevatesse rakendusse ; • vastupidav keskkonnateguritele; • pole väga tundlik; • tänu erinevatele sagedustele on võimalik kaugusi erinevatest materjalidest; • ohutu. 	<ul style="list-style-type: none"> • kallis; • mõõtepiirkonna suuruse tõttu võib esineda ebausaldusväärseid mõõtmisi.

Antud andurite eeliste ja puuduste põhjal sobivad automaatse stardijoone lahenduses kasutamiseks laserandur, kuna sellega saab mõõtmisi teha keerulisel maastikul, või radarandur, kuna seda saab nähtamatult integreerida erinevatesse rakendustesse ning on vastupidav keskkonnateguritele.

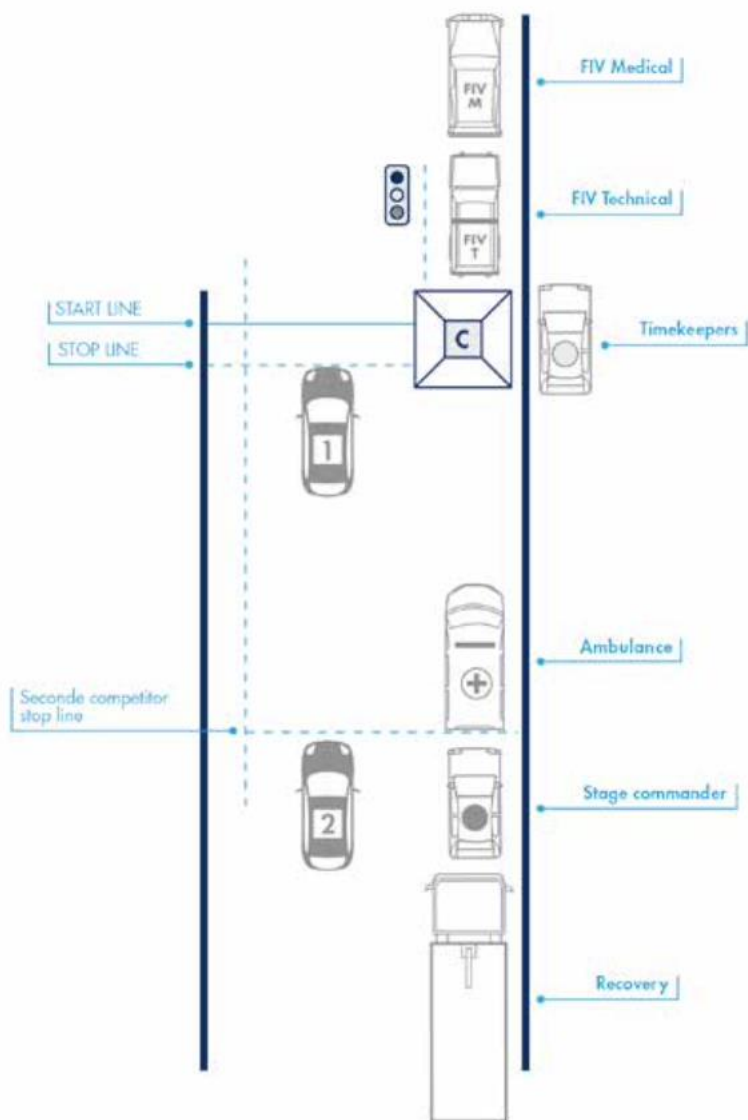
4. AUTOMAATSE STADIJOONE LAHENDUS AUTORALLILE

Autorallil juhatab võistlusmasina stardijoonele kohtunik. Kui auto jõuab stardijoonele, peab võistlusauto esiosa paiknema kohtuniku poolt astetatud pulga taga, et oleks võimalik täpselt määrata stardipositsioon. Kohtunik eemaldab stardikepi üks minut enne stardiaega, kuid mitte enne kui auto on jäänud seisma täpsel stardikohal, siis jälgib meeskond aega stardini kellalt [19:38]. Tihtipeale on võistluste korraldajatel väga keeruline leida oma üritustele tööle usaldusväärseid inimesi, kes oskaksid ja sooviksid töötada näiteks stardikohtunikenä. Kohtunikke stardikepiga on võistlustel vaja sama palju kui on kiiruskatseid, varieeruvalt rallist umbes viis kuni kümme inimest. Kohtunik, kes auto stardijoonele juhatab peab olema täpne ning tal peab meeles olema lahkuda auto esiosa juurest mööda stardijoont, ta ei tohi astuda stardijoonest lisakatse suunas, kuna peale stardijoont asuvad ka ajavõtukiired ning neid läbistades rikuks kohtunik antud võistlusauto stardi ja tekitaks ajavõtusüsteemis vea. Kasutades inimtööjõudu on alati sees ka inimese mõõtevigaga ning igal masinal pole alati sama stardipositsioon. Lisaks stardikepiga kohtunikule töötab stardijoonel veel kolm inimest, kellel on kõigil ettenähtud tööülesanded. Hetkel, kus maailmas levib COVID-19 viirus ja kus oleks otstarbekas inimeste vahelisi kontakte vähendada oleks mõistlik asendada kohtunik, kes juhatab võistlusauto stardijoonele seadeldisega, mille moodustavad kontaktivaba kaugusemõõtmise andur, ekraan ja neile sobiv alus.



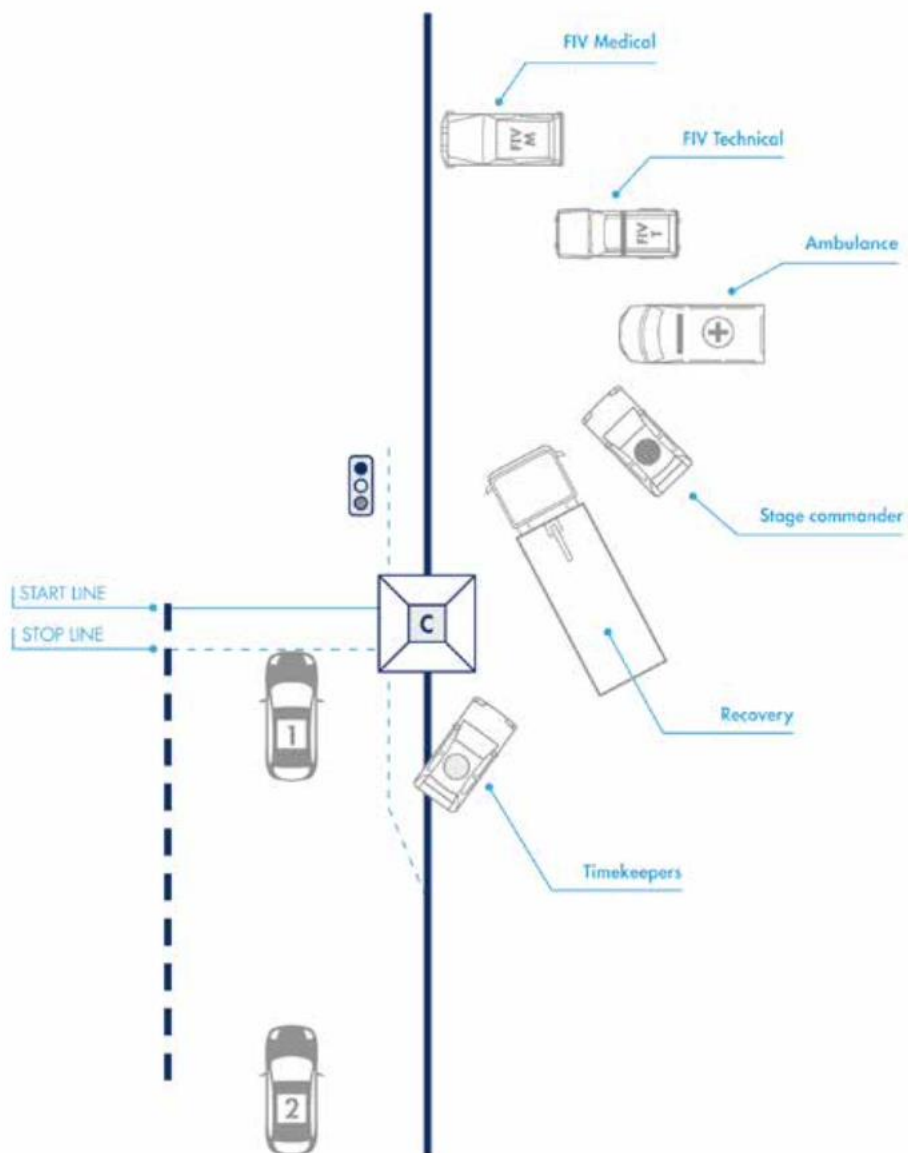
Joonis 9. Auto stardijoonel, viis sekundit stardini.

— MINIMUM ACCEPTABLE PLACEMENT OF VEHICLES —



Joonis 10. Aktsepteeritav päästeautode ja muu personali paigutus lisakatse stardialal. [25: 84]

RECOMANDED PLACEMENT OF VEHICLES

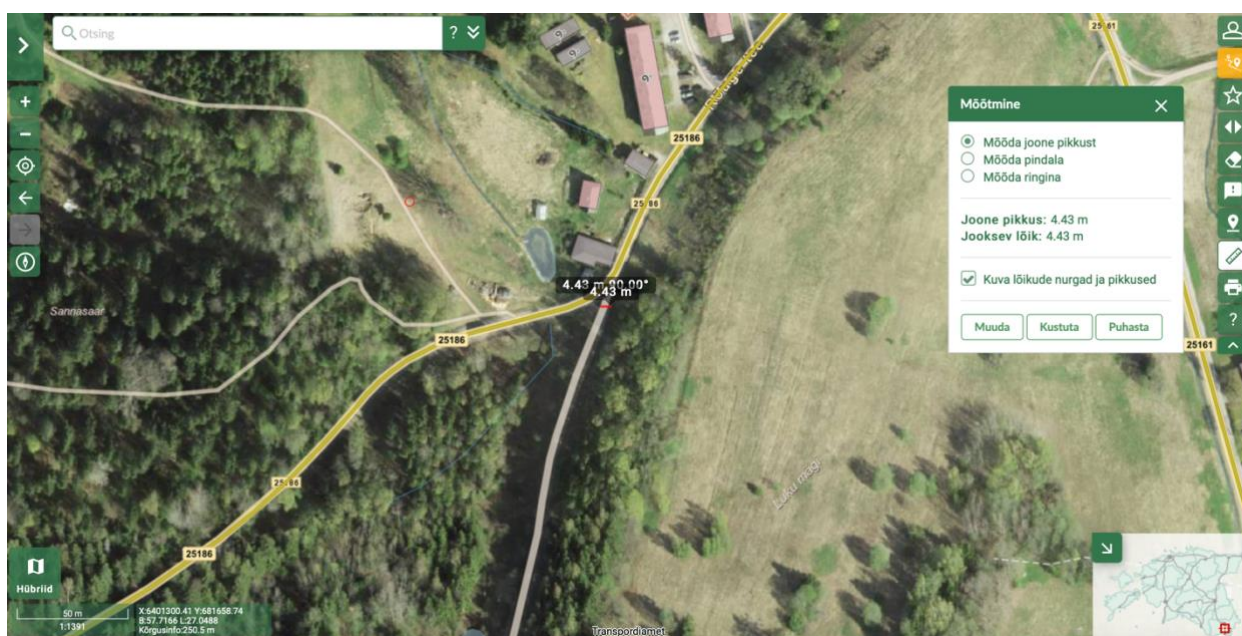


Joonis 11. Soovitatav päästeautode ja muu personali paigutus lisakatse stardialal. [25: 84]

4.1. Nõuded anduri ja ekraani alusele

Autorallil asuvad lisakatsed metsas ning enamasti paikneb stardiala kruusateel, mille laiuseks on umbes 4-7 meetrit. Lisaks asuvad stardialal ajavõtukiired, stardikell, telk, kus saavad kohtunikud all paikneda ning märgid, mis tähistavad stardiala. Täiendavalt asuvad veel stardialal ka päästemasinad, kokku umbes neli kuni seitse masinat.

Lisakatsete teede laiused, kus asuvad stardialad leiti Maa-ameti geoportaalis oleva Teeregistri rakenduse abil. Alljärgnevalt on näidatud kahe RedGrey Team Lõuna-Eesti Ralli 2020 lisakatse teelaiused.



Joonis 12. RedGrey Team Lõuna-Eesti Ralli 2020 lisakatse 2/4 stardiala teelaius. [26]



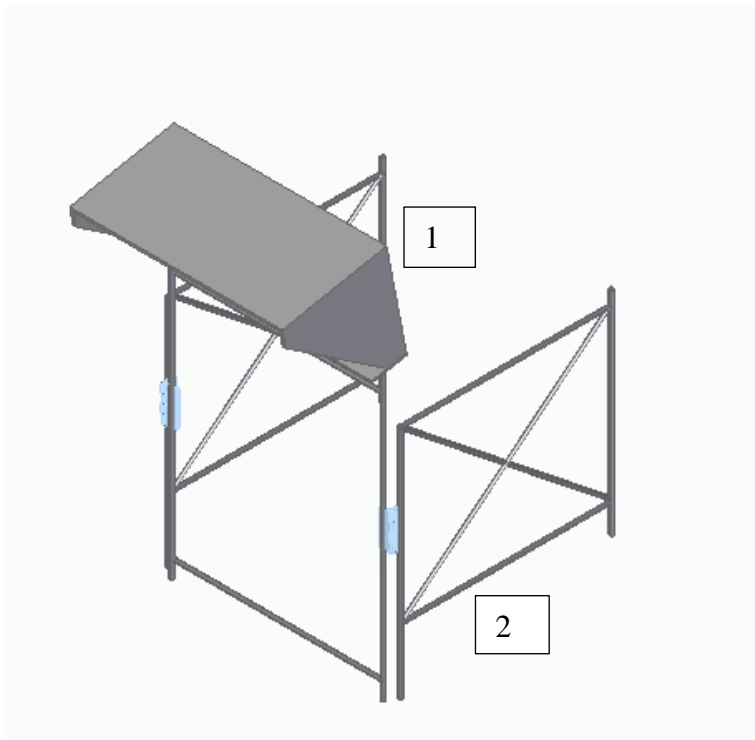
Joonis 13. RedGrey Team Lõuna-Eesti Ralli 2020 lisakatse 1/3 stardiala teelaius. [26]

Nõuded anduri ja ekraani alusele:

- vastupidav keskkonnateguritele, näiteks vihm ja tuul;
- lihtsasti transporditav;
- odav;
- vastupidavast materjalist;
- kerge;
- mõõtmisel selline, et mahuks autoga transportida.

Lisaks võiks anduri ja ekraani aluse külge olla kinnitatud ekraanikaitse ning vari varjamaks päikesevalgust ekraanilt, et ekraanilt loetav tekst oleks lihtsasti loetav.

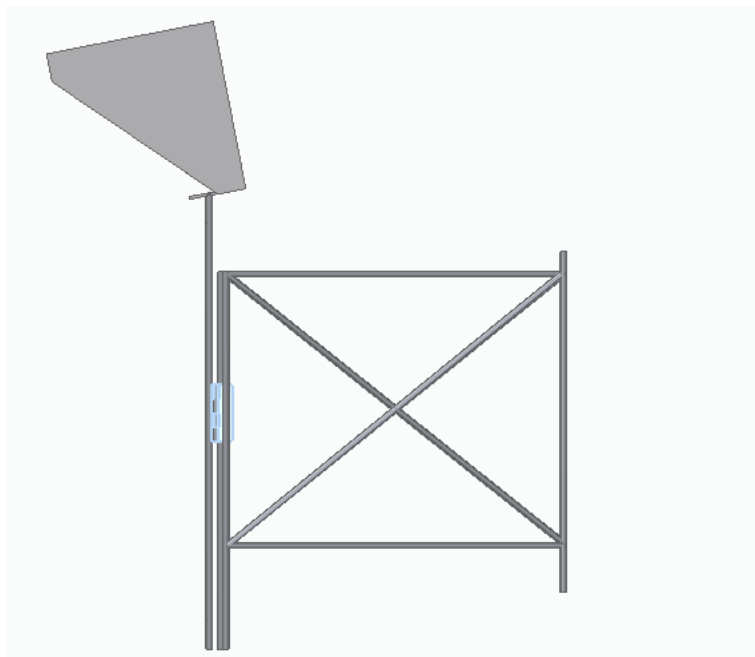
Alljärgnevalt on toodud välja üks lahendus, milline võiks välja näha anduri ja ekraani alus. Raam on valmistatud roostevabast terasest ning ekraanikaitse ja vari plastikust. Raami küljed on kinnitatud esiraami külge hingedega, et raami oli lihtne transportida ning lisakatse stardialale paigaldada. Kuna alusraami eesmine külge tühi on sinna võimalik kinnitada silt „Startline“.



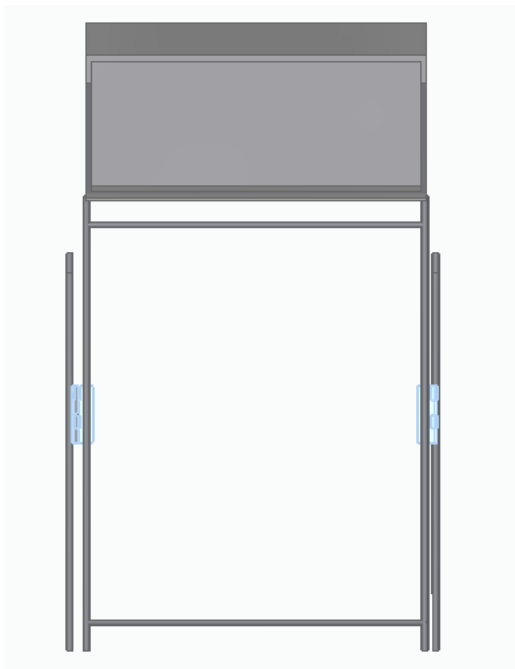
Joonis 14. Lahendus anduri ja ekraani alusele. (pealtvaade)

Märkused:

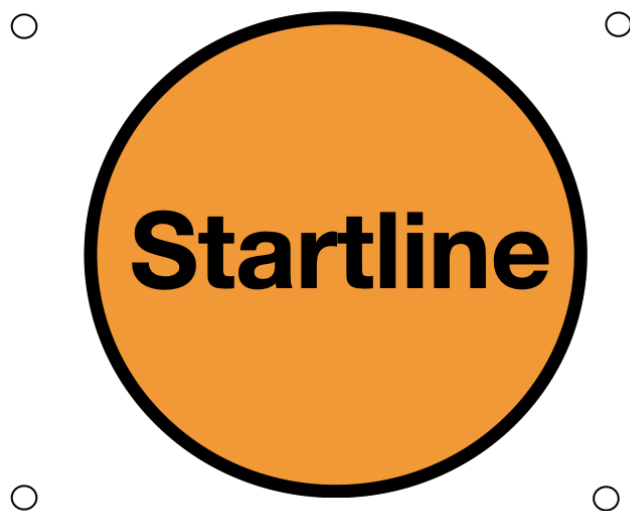
1. Ekraani kaitse ning vari.
2. Alusraam.



Joonis 15. Lahendus anduri ja ekraani alusele. (küljeltvaade)



Joonis 16. Lahendus anduri ja ekraani alusele. (eestvaade)



Joonis 17. Silt „Startline“.

4.2. Komponentid automaatse stardijoone lahenduse tarbeks

Tulenevalt autoralli lisakatsete stardialade asukohtadest, mis on tavaliselt metsas või muu vähese asustuse piirkondades, ei ole võimalik seal elektrit kasutada ning ekraani ja kontaktivaba kaugusmõõduri tarbeks on vaja hea kestvusega akut, mille saaks nendega ühendada.

Peatükis 3 kirjeldatud kontaktivabade kaugusmõõdurite põhjal, sobiks autoralli automaatse stardijoone tarbeks, kas laserandur, kuna seda saab kasutada keerulisel maastikul ning on täpne või radarandur, kuna seda saab nähtamatult integreerida erinevatesse rakendustesse ning on vastupidav keskkonnateguritele.

Ekraani kvaliteet ei mängi automaatse stardijoone lahenduse puhul väga suurt rolli, kuna ekraanil peaks kuvama vaid värve või numbreid. Selle lahendusele puhul sobib kasutamiseks kõige lihtsam LED-tuledest koosnev ekraan. LED-ekraan töötab valgusfoori põhimõttel, kui auto on jõudnud sobivale stardipositsioonile, süttib ekraanil roheline tuli ning kui auto ei asu sobival stardipositsioonil põleb ekraanil punane tuli. Ekraani juhiks näiteks Arduino kontrolleri, mis saab sisendi andurilt ja juhib foori tulesid.



Joonis 18. Näide LED-ekraani plaanist.

Lisaks peaks antud lahenduse puhul olema ka vastupidav raam, kuhu komponendid kinnitada ning ekraanikaitse ja vari, mis muudaks ekraanilt info lugemise lihtsamaks.



Joonis 19. Ekraani põhimõtteskeem.

KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli leida lahendus, kuidas asendada inimtööjõu tarvilikkus võistlusauto stardipositsiooni määramisel autorallis. Käesoleva bakalaureusetöö kuuest püstitatud ülesandest said täidetud kõik. Tutvustati autosporti ning selle alaliike, anti ülevaade autoralli ülesehitusest ning stardiprotseduuridest, tutvustati kolme erinevat kontaktivaba kauguse mõõtmise andurit ning nende eeliseid ja puudusi, analüüsiti nõudeid automaatse stardijoone seadeldisele, koostati automaatse stardijoone seadeldise toe joonised ja leiti vajalikud komponendid lahenduse teostamiseks. Lisaks on autoril plaan antud tööga jätkata magistriastmes.

Autospordi ja selle alaliikide tutvustamisel tuli välja, et enamus võistlusi, näiteks rallikrossis ja kardispordis, toimub suletud spetsiaalsetel radadel, kuid autoralli ning rahvaspordi üritusi peetakse tavaliselt avatud teedel, mis on võistluse ajal muuks liikluseks suletud.

Autoralli ülesehituse ning stardiprotseduuri kirjeldusel selgus, et auto paneb stardijoonel paika kohtunik, kui auto jõuab stardijoonele, peab masina esiosa olema kohtuniku poolt asetatud pulga taga, et saaks fikseerida kindel stardikoht. Kohtunik eemaldab stardikepi üks minut enne stardiaega, kuid mitte enne kui auto on jäänud seisma täpsel stardikohal, siis jälgib meeskond aega stardini kellalt.

Kolme erineva kontaktivaba kaugusmõõtmise meetodi kirjeldamisel tutvustati ultraheliandurit, laserandurit ning radarandurit ning toodi välja nende andurite eelised ja puudused.

Automaatse stardijoone ekraani ning kontaktivaba kaugusemõõtmise aluse nõuete analüüsil leiti, et seade peab olema vastupidav ilmastikuoludele, see peab olema purunemiskindel ning lihtsasti teiseldatav. Toodi välja ka üks lahendus, milline see alus võiks välja näha ning arvati, et antud alustugi võiks olla valmistatud roostevabast terasest.

Tulenevalt lisakatsete stardialade asukohtadest, leiti, et automaatse stardijoone lahenduse komponentidena võiks kasutada, hea kestvusega akut, laser-või radarandurit võistlusmasina kauguse määramisel, lihtsat LED-ekraani, kuhu kuvada info ning alusraami.

SUMMARY

The aim of this bachelor's thesis was to find a solution to replace the need for human's work in determining the starting position of a competition car in rally. Of the six tasks set for this bachelor's thesis, all were completed. Autosport and its sub-sports were introduced, an overview of the rally structure and start procedures was given, three different non-contact distance sensors and their advantages and disadvantages were introduced, requirements for the automatic startline device were analyzed, automatic start line device support drawings were shown, and necessary components were found. In addition, the author has a plan to continue this work in Master's studies.

When introducing autosport and its sub-sports, it turned out that most competitions, such as rallycross and karting, take place on closed special tracks, but car racing events are held on roads intended for normal traffic, which are closed to other traffic during the competition.

The description of rally structure and start procedure revealed that the car is set by the marshal on the starting line, when the car reaches the starting line, the front of the machine must be placed behind the stick by the marshal in order to fix a certain starting point. The marshal removes the start stick one minute before the start time, but not before the car has stopped at the exact start position, the team monitors the time until the start from the clock.

Describing three different non-contact distance measurement methods, an ultrasonic sensor, a laser sensor and a radar sensor were introduced, and the advantages and disadvantages of these sensors were pointed out.

An analysis of the requirements for the automatic startline display and the base of the non-contact rangefinder found that the device must be weatherproof, shatterproof, and easy to move. One solution for what this base could look like was also suggested and it was thought that this base support could be made of stainless steel.

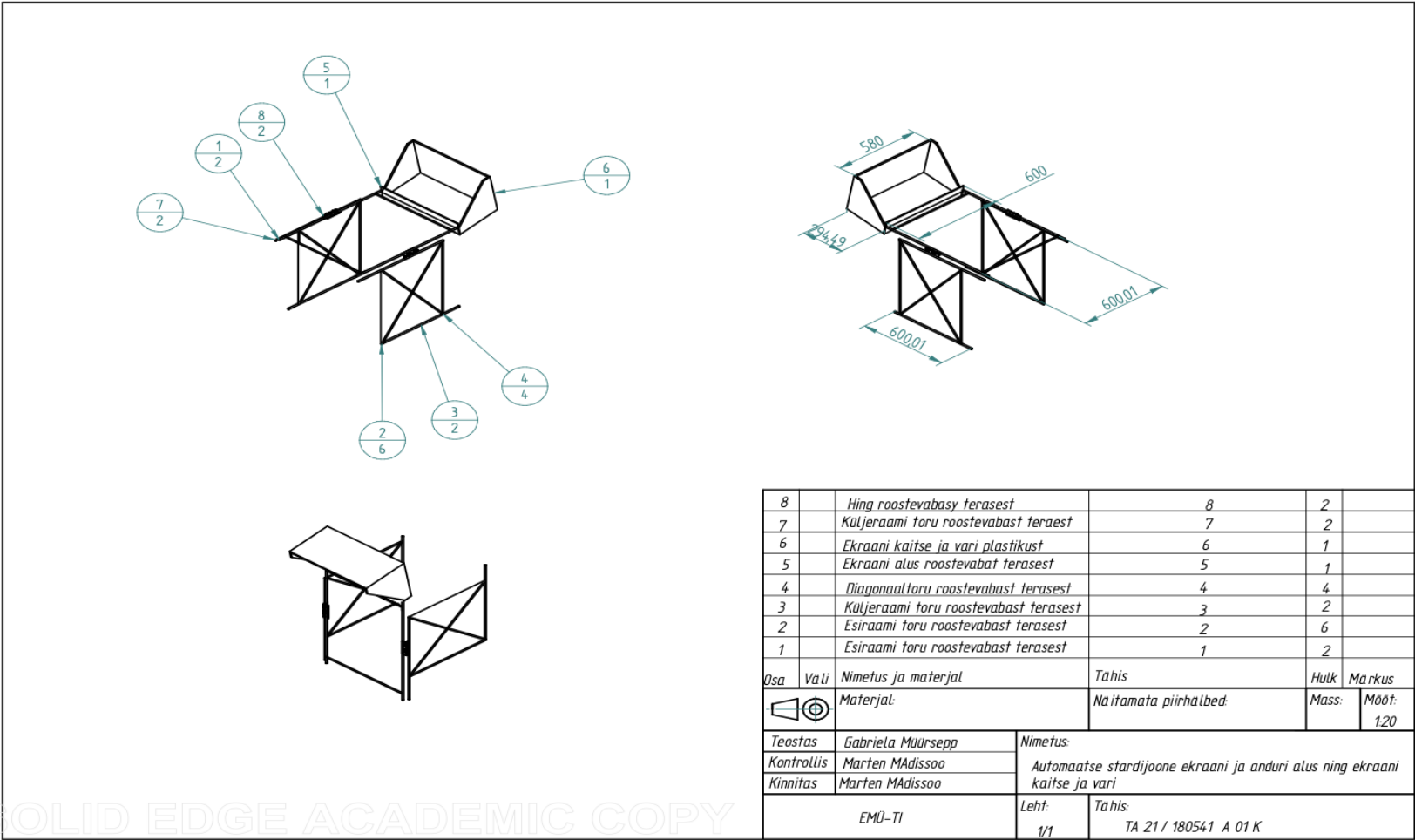
Due to the location of the start areas of special stages, it was found that components of the automatic start line solution, could be a battery with a good duration, a laser or radar sensor to determine the distance of the competition car, a simple LED display to display information and a base frame.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ralli. Autosport. [on-line]
<http://www.autosport.ee/ralli> (18.04.2021)
2. Tutvu WRC sõnastikuga. Hyundai. [on-line]
<https://www.hyundai.ee/hyundai-motorsport/learn-more-about-wrc-glossary/> (18.04.2021)
3. Rahvasport. Autosport. [on-line]
<http://www.autosport.ee/rahvasport> (18.04.2021)
4. History. Rallyclassic, [on-line]
<http://www.rallyclassic.lt/en/istorija> (17.05.2021)
5. Ajaloost. Autosport. [on-line]
<https://www.autosport.ee/ajaloost> (17.05.2021)
6. Ringrada. Autosport. [on-line]
<https://www.autosport.ee/ringrada> (17.05.2021)
7. Rallikross. Autosport. [on-line]
<https://www.autosport.ee/rallikross> (17.05.2021)
8. Kiirendus. Autosport. [on-line]
<https://www.autosport.ee/kiirendus> (17.05.2021)
9. 4x4 off-road. Autosport. [on-line]
<http://autosport.ee/4x4-offroad> (17.05.2021)
10. Rajainfo. Audruring. [on-line]
<https://www.audruring.ee/rajainfo> (18.05.2021)
11. **Kanna, L.** (22.jaanuar 2017). Kehalas driftis Baltikumi paremik. – *Kuulutaja*. [e-ajaleht]
<http://www.kuulutaja.ee/kehalas-driftis-baltikumi-paremik/> (18.05.2021)
12. Kardisport. Autosport. [on-line]
<https://www.autosport.ee/kardisport> (18.05.2021)
13. Drift. Autosport. [on-line]
<https://www.autosport.ee/drift> (18.05.2021)
14. **Martin, M.** (17.september 2019). Kadrinasse tuli kardispordi tiitlivõistlustelt seitsmes koht. . – *Virumaa Teataja*. [e-ajaleht]
<https://virumaateataja.postimees.ee/6780264/kadrinasse-tuli-kardispordi-tiitlivoistlustelt-seitsmes-koht> (18.05.2021)
15. **Burnett, B.** (24.märts 2020). Understanding How Ultrasonic Sensors Work. MaxBotix. [on-line]
<https://www.maxbotix.com/articles/how-ultrasonic-sensors-work.htm#sensorhelp> (20.05.2021)

16. MB8450 Car Detection Sensor. MaxBotix. [on-line]
https://www.maxbotix.com/ultrasonic_sensors/car-detection-sensor.htm (20.05.2021)
17. **Seuber, C.** (25.aprill 2017). How Do Laser Distance Meters Work?. Sciencing. [on-line]
<https://sciencing.com/space-science-kits-that-are-out-of-this-world-13763827.html> (20.05.2021)
18. 2021 Eesti Autoralli Lahtiste Meistrivõistluste üldjuhend. (täiendatud ja kinnitatud Eesti Autosporti Liidu poolt 28.aprill 2021). [on-line]
http://autosport.ee/rallyreg/public/series_file/2021%20EMV%20Üldjuhend%20v2804.pdf
(21.05.2021)
19. Eesti Ralli Võistlusmäärus 2021. Autosport. [on-line]
http://autosport.ee/rallyreg/public/series_file/2021%20Eesti%20Ralli%20VM.pdf (21.05.2021)
20. 3DeMoN Autonomous Laser Distance Meter. Smartec. [on-line]
<https://smartec.ch/en/product/3demon-autonomous-laser-distance-meter/> (26.05.2021)
21. Reliable distance measurements with a radar sensor. Sentechn. [on-line]
<https://www.sentechn.nl/en/sensor-technology/reliable-distance-measurements-with-radar-sensor/>
(27.05.2021)
22. Radar distance measuring sensor. Baumer. [on-line]
<https://www.baumer.com/us/en/product-overview/distance-measurement/radar-sensors/off-highway-radar-sensors/off-highway-multi-object-radar-sensor/r600v-dah5-11221283/p/43041> (27.05.2021)
23. **Gillespie, K.** (11.september 2019). Ultrasonic Sensors: Advantages and Limitations. MaxBotix.
[on-line] <https://www.maxbotix.com/articles/advantages-limitations-ultrasonic-sensors.htm/>
(29.05.2021)
24. Accuracy and Ultrasonic Distance Meters. Laser distance measurer. [on-line]
<https://www.laser-distance-measurer.com/accuracy-and-ultrasonic-distance-meter/#.YLaR6S0Ro0o>
(30.05.2021)
25. FIA Safety Guidelines 2021. FIA Safety department. [on-line]
https://www.fia.com/sites/default/files/rally_safety_guidelines_2021_en_v6_web.pdf (31.05.2021)
26. Teeregister. Maa-amet. [on-line]
<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/teeregister> (30.05.2021)

Lisa A. Automaatse stardijoone ekraani ning kontaktivaba kaugusemõõduri aluse joonis.



Lisa B. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Gabriela Mürsepp,

sünniaeg 21.12.1998,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Automaatne stardijoon autorallis,

mille juhendaja(d) on lektor Marten Madissoo,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
/allkirjastatud digitaalselt

Tartu, 02.06.2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Marten Madissoo /allkirjastatud digitaalselt/

02.06.2021